

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА, КРАГУЈЕВАЦ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Предмет: Извештај Комисије за избор др **Николу Миливојевића**, дипл.маш.инж.у научно звање

научни сарадник

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/4011-24 од 22. 10. 2015. године, именовани смо за чланове Комисије за писање Извештаја о испуњености услова за избор др **Николу Миливојевића**, дипл.маш.инж.у научно звање **НАУЧНИ САРАДНИК**.

О предложеном кандидату подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Никола Миливојевић је рођен 08.09.1973. године у Крагујевцу. Основну школу „Станислав Сремчевић“ завршио као носилац диплома „Вук Караџић“ и „Никола Тесла“, а Крагујевачку гимназију, природно-математички смер, математичко-програмерски сарадник, завршио са одличним успехом.

Машински факултет у Крагујевцу уписао школске 1992/93. године, и дипломирао на Катедри за Примењену механику и аутоматско управљање 16.09.1999. године, са просечном оценом 8,68. Дипломски рад са темом „Компјутерска графика, Windows, OpenGL и VisualC++“, под менторством доцента др Ненада Грујовића, одбранио са оценом 10. Школске 1999/2000 уписао последипломске студије на Машинском факултету у Крагујевцу на смеру Примењена механика.

Од 1999. године до 2002. године ангажован на Машинском факултету у Крагујевцу, као сарадник финансиран преко Завода за тржиште рада. Од 2002. запослен као систем-инжењер на Машинском факултету у Крагујевцу.

Активно учествује у извођењу наставе из предмета Примена рачунара од школске 1999/2000 године, из предмета Развој метода инжењерског софтвера од школске 1999/2000 године, као и из предмета Програмски језици од школске 2001/2002. Учествује у раду Лабораторије за инжењерски софтвер Машинског факултета у Крагујевцу, као и Центра за информационе технологије Машинског факултета у Крагујевцу. Објавио 28 радова у земљи и иностранству. Учествовао на 17 домаћих и 11 међународних пројеката.

- Одлуком Већа Машинског факултета бр. 01-361 од 12.06.2003. одређена је Комисија за оцену пододбности кандидата и теме магистарске тезе.
- Комисија је поднела Наставно-научном већу извештај заведен под бр. 01-389 од 25.06.2003. да се тема магистарске тезе прихвата, а као ментор је предложен Др Ненад Грујовић.
- Одлуком Већа Машинског факултета бр. 01-389 од 26.06.2003. одобрена је израда магистарске тезе под руководством Др Ненада Грујовића, ванр.проф.

- Одлуком Већа Машинског факултета бр. 01-2370/1 од 13.06.2006. одобрено је продужење рока у трајању од шест месеци за одбрану магистарске тезе.
- Одлуком Већа Машинског факултета бр. 01-2339/1 од 13.06.2006. именована је комисија за оцену предате магистарске тезе и усмену одбрану.
- Одлуком Већа Машинског факултета бр. 01-2611/5 од 07.09.2006. именована је Комисија за јавну одбрану и заказана је јавна одбрана магистарске тезе.

Докторирао је 12.07.2008. године на Факултету инжењерски наука у Крагујевцу, на тему „*Оптимизационе методе у симулацији и управљању хидроенергетским системима*“ из предмета Примењена механика.

Значајни пројекти:

- **Хидроинформациони систем "Врбас"**

ИНВЕСТИТОР: ЈМДП "Електропривреда" Републике Српске ЗДП "ХЕ на Врбасу" - Мркоњић Град

2. фаза, студија и софтвер (2010-2011), одговорни руководилац пројекта

- **Хидроинформациони систем "Власина"**

ИНВЕСТИТОР: ЈП "Електропривреда Србије

2. фаза, студија и софтвер (2009-2010), одговорни руководилац пројекта

- **Хидроинформациони систем "Дрина"**

ИНВЕСТИТОР: ЈП "Електропривреда Србије" и Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде

Хидро-информациони систем "Дрина" верзија 3.1 (2011), руководилац пројекта

4. фаза, студија и софтвер (2010-2011), одговорни руководилац пројекта

Његов досадашњи научно-истраживачки рад јенајвећим делом био усмерен на истраживања у области примењене информатике – модеирања и симулације.

Учествовао је у реализацији више научноистраживачких пројеката финансираних од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, као и у значајном броју међународних пројеката финансираних од стране ЕУ фондација (WUS, TEMPUS, FP6).

У свом научно-истраживачком раду се служи Енглеским језиком, како у коришћењу научне и стручне литературе, тако и у конверзацији.

Самостално или у сарадњи са другим ауторима, објавио је у домаћим и међународним научним часописима, односно саопштио на домаћим и међународним научним скуповима, укупно 37 радова, учествовао у реализацији 28 међународних и домаћих пројеката.

СПИСАК

објављених научних и стручних радова, саопштења, пројеката и постигнутих научних резултата др Николе Миљивојевића, дипл. маш. инж:

1.1 Радови објављени у научним часописима међународног значаја M20

1.1.1 *Рад у врхунском међународном часопису M21*

- 1.1.1.1 Ranković V., Grujović N., Divac D., **Milivojević N.**, Novaković A., Modelling of dam behaviour based on neuro-fuzzy identification, Engineering Structures vol. 35, ISSN 0141-0296, p. 107–113, 2012. Doi 10.1016/j.engstruct.2011.11.011
- 1.1.1.2 Grujovic N., Divac D., Zivkovic M., Slavkovic R., **Milivojevic N.**, Milivojevic V., Rakic D. (2013), An inelastic stress integration algorithm for a rock mass containing sets of discontinuities, Acta Geotechnica, Springer, ISSN 1861-1125, Vol. 8, Issue 3, pp. 265-278, June 2013. Doi 10.1016/0141-1195(84)90126-8
- 1.1.1.3 Stojanović B., M. Milivojevic M., Ivanović M., **Milivojević N.**, Divac D., Adaptive system for dam behavior modeling based on linear regression and genetic algorithms, Advances in Engineering Software, ISSN 0965-9978, vol. 65, p. 182–190, 2013. Doi 10.1016/j.advengsoft.2013.06.019

1.1.2 *Рад у истакнутом међународном часопису M22*

- 1.1.2.1 Ranković V., Novaković A., Grujović N., Divac D., **Milivojević N.**: Predicting piezometric water level in dams via artificial neural networks, Neural Computing and Applications, ISSN0941-0643, Volume 24, Issue 5, pp. 1115-1121, April 2014. DOI 10.1007/s00521-012-1334-2 Published online: 12 January 2013.

1.1.3 *Рад у међународном часопису M23*

- 1.1.3.1 Ranković V., Grujović N., Divac D., **Milivojević N.**, Slavković R. (2012), Nonlinear Structural Behaviour Identification using Digital Recurrent Neural Networks, Strojarstvo; Vol. 54, No. 3, pp. 221-227, ISSN 0562-1887, 2012.

1.1.4 *Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком M24*

- 1.1.4.1 Stojković M., **Milivojević N.**, Hydrological Modeling with Special Reference to Show Cover Process, Facta Universitatis Series: Architecture and Civil Engineering, ISBN 0354-4605, Vol. 11, No. 2, pp. 147-168, 2013.
doi:10.2298/FUACE1302147S <http://doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-4605/2013/0354-46051302147S.pdf>

1.2 Зборници међународних научних скупова M30

1.2.1 *Саопштење са међународног скупа штампано у целини M33*

- 1.2.1.1 Vesna Ranković, Nenad Grujović, Goran Milovanović, Dejan Divac, **Nikola Milivojević** (2011). Prediction of dam behaviour using multiple linear regression and radial basis function neural network, 10th anniversary international conference on accomplishments in electrical and mechanical engineering and information technology „DEMI 2011“, 26-28 May 2011, Banja Luka, str. 179-184, 2011.
- 1.2.1.2 **Nikola Milivojević**, Nenad Grujović, Dejan Divac, Vladimir Milivojević, Jelena Borota (2011). Augmented reality assisted part removal for powder-based 3D printing systems, 34th International Conference on Production Engineering, 29 - 30 September 2011, Niš, Serbia, str. 327-330, 2011.
- 1.2.1.3 Vesna Ranković, Nenad Grujović, Dejan Divac, **Nikola Milivojević**, Konstantinos

Papanikolopoulos, Jelena Borota (2011). Prediction of the nonlinear structural behaviour by digital recurrent neural network, 34th International Conference on Production Engineering, 29 - 30 September 2011, Niš, Serbia, str. 403-406, 2011.

- 1.2.1.4 V. Ranković, N. Grujović, D. Divac, N. **Milivojević** and G. Milanović (2011). Application of Soft Computing Techniques to Dam Safety Monitoring, 2nd International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, Civil-Comp Proceedings: 97, Edited by Y. Tsompanakis and B.H.V. Topping, 6-9 September 2011, Chania-Crete, Greece, rad na CDu str. 1-10, 2011.
- 1.2.1.5 Ranković V., Grujović N., Divac D., **Milivojević N.** (2012). Artificial neural network and multiple linear regression for interpretation of dam behaviour, 5th International Conference „Science and Higher Education in Function of Sustainable Development“ – SED 2012, 4-5 October 2012, Business Technical College, Užice, Serbia, Section 2, (rad na CD-u) pp. 20-25, 2012.
- 1.2.1.6 Stojković M., **Milivojević N.**, Milivojević V., Ćirović V.: *Using GIS algorithms for hydrologic analysis of the River Drina*, 5th International Conference „Science and Higher Education in Function of Sustainable Development“ – SED 2012, 4-5 October 2012, Business Technical College, Užice, Serbia, Section 2, (rad na CD-u) pp. 26-31, 2012.
- 1.2.1.7 Stojković M., **Milivojević N.**, Stojanović Z. (2012). Use of information technology in hydrological analysis, International Conference on Applied Internet and Information Technologies – ICAIIT 2012, 26 October 2012, Zrenjanin, Serbia, ISBN 978-86-7672-173-3, rad na CD-u str. 109-114, 2012.
- 1.2.1.8 Novakovic A., Rankovic V., Divac D., Grujovic N., **Milivojevic N.**: *Missing data estimation in dam structures using multiple imputation method*, 7th International Quality Conference, 24 May 2013, Kragujevac, Conference manual, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, ISBN 978-86-86663-94-8, pp. 411-414, 2013.
- 1.2.1.9 Novaković A., Ranković V., Grujović N., Divac D., **Milivojević N.**: *Development of neuro-fuzzy model for dam seepage analysis*, 11th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology „DEMI 2013“, 30 May – 1 June 2013, Banja Luka, pp. 619-624, 2013.
- 1.2.1.10 Milivojević V., **Milivojević N.**, Stojković M., Ćirović V., Divac D.: *Development of distributed hydro-information system for the Drina river basin*, 4th International Conference on Information Society and Technology - ICIST 2014, vol. 1, 9-13 March 2014, Kopaonik, Publisher: Society for Information Systems and Computer Networks, Eds.: Zdravković M., Trajanović M., Konjović Z., ISBN: 978-86-85525-14-8, pp. 50-55, 2014. http://www.yuinfo.org/icist2014/Proceedings/ICIST_2014_Proceedings.PDF
- 1.2.1.11 **Milivojević N.**, Grujović N., Divac D., Milivojević V., Martać R.: *Information system for dam safety management*, 4th International Conference on Information Society and Technology - ICIST 2014, vol. 1, 9-13 March 2014, Kopaonik, Publisher: Society for Information Systems and Computer Networks, Eds.: Zdravković M., Trajanović M., Konjović Z., ISBN: 978-86-85525-14-8, p. 56-60, 2014. http://www.yuinfo.org/icist2014/Proceedings/ICIST_2014_Proceedings.PDF

1.3 Монографија националног значаја М40

1.3.1 Монографија националног значаја, монографско издање грађе, превод изворног текста у облику монографије М42

1.3.1.1 Дивац Д., Продановић Д., **Миливојевић Н.**, Хидроинформациони системи за

управљање хидроенергетским ресурсима у Србији, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, ISBN 978-86-82565-23-9., 2009.

1.3.2 Поглавље у књизи М41 или рад у истакнутом тематском зборнику водећег националног значаја, превод изворног текста у облику студије, поглавља или чланка, превод или стручна редакција превода научне монографске књиге (само за старе језике) М44

1.3.2.1 Миливојевић Н., Грујовић Н., Симулација сложених хидроенергетских система употребом модела са дискретним догађајима, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Вр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.3.2.2 Дивац Д., Продановић Д., **Миливојевић Н.,** Хидроинформациони системи за управљање хидроенергетским ресурсима у Србији, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Вр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.3.2.3 Симић З., Миливојевић Н., Моделирање отицаја на комплексним сливним површинама, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Вр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.3.2.4 Миливојевић Н., Симић З., Естимација параметара дистрибуираних хидролошких модела, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Вр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.3.2.5 Дивац Д., Миливојевић Н., Миливојевић В., Процедура ажурирања стања дистрибуираних хидролошких модела за оперативну прогнозу дотицаја, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Вр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.3.2.6 Миливојевић В., Миливојевић Н., Отворена софтверска архитектура за аквизицију, обраду и архивирање података, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, бр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.3.2.7 Миливојевић Н., Дивац Д., Стојановић З., Рачунарски подржана оптимизација рада хидроелектрана, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Вр. страна: 363, ISBN 978-86-82565-23-9, Beograd, 2009.

1.4 Часописи националног значаја М50

1.4.1 Рад у научном часопису М53

1.4.1.1 Грујовић Ненад, Дивац Дејан, Стојановић Бобан, Стојановић Здравко, **Миливојевић Никола,** Modeling of one-dimensional unsteady open channel flows in interaction with reservoirs, dams and hydropower plant objects, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 154-181, ISSN 1820-6530, 2009.

1.4.1.2 Дивац Дејан, Грујовић Ненад, **Миливојевић Никола,** Стојановић Здравко, Симић Зоран, Hydro-information systems and management of hydropower resources in Serbia, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 1-37, ISSN 1820-6530, 2009.

1.4.1.3 Дивац Дејан, **Миливојевић Никола,** Грујовић Ненад, Стојановић Бобан, Симић Зоран, A procedure for state updating of SWAT-based distributed hydrological model for operational runoff forecasting, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 298-326, ISSN 1820-6530, 2009.

1.4.1.4 Миливојевић Никола, Грујовић Ненад, Стојановић Бобан, Дивац Дејан, Миливојевић Владимир, Discrete events simulation model applied to large-scale hydro-

systems, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 250-272, ISSN 1820-6530, 2009.

- 1.4.1.5 Стојановић Бобан, Дивац Дејан, **Миливојевић Никола**, Грујовић Ненад, Стојановић Здравко, State variables updating algorithm for open-channel and reservoir flow simulation model, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 327-346, ISSN 1820-6530, 2009.
- 1.4.1.6 Симић З., **Миливојевић Н.**, Продановић Д., Миливојевић В., Перовић Н., SWAT-Based Runoff Modeling in Complex Catchment Areas – Theoretical Background and Numerical Procedures, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 38-63, ISSN 1820-6530, 2009.
- 1.4.1.7 **Миливојевић Н.**, Симић З., Орлић А., Миливојевић В., Стојановић Б., Parameter Estimation and Validation of the Proposed SWAT Based Rainfall-Runoff Model – Methods and Outcomes, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 86-110, ISSN 1820-6530, 2009.
- 1.4.1.8 Продановић Д., Станић М., **Миливојевић Н.**, Симић З., Стојановић Б., Modified Rainfall-Runoff Model for Bifurcations Caused by Channels Embedded in Catchments, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 111-126, ISSN 1820-6530, 2009.
- 1.4.1.9 Стојановић З., Вукосавић Д., Дивац Д., **Миливојевић Н.**, Вучковић Д., Hydropower Plants Cascade – Modeling of Short and Long-Term Management, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 210-227, ISSN 1820-6530, 2009.
- 1.4.1.10 **Миливојевић Н.**, Дивац Д., Вукосавић Д., Вучковић Д., Миливојевић В., Computer-Aided Optimization in Operation Planning of Hydropower Plants – Algorithms and Examples, Journal of Serbian Society for Computational Mechanics, Vol.3, No.1, pp. 273-297, ISSN 1820-6530, 2009.

1.5 Зборници скупова националног значаја М60

1.5.1 *Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини М63*

- 1.5.1.1 Дејан Дивац, **Никола Миливојевић**, Ненад Грујовић, Владимир Миливојевић, Јелена Борота (2011). Сервисно-оријентисана архитектура савременог хидроинформационог система, YUINFO 2011 – 17. Конференција о рачунарским наукама и информационам технологијама, 06.-09.03.2011., Копаоник, Издавач: Информационо друштво Србије, Зборник апстракта – стр. 27, рад на ЦД-у, стр. 1-5, 2011.
- 1.5.1.2 Дивац Д., Стојановић З., **Миливојевић Н.**: Искуства и перспективе коришћења хидроенергије код нас и у окружењу, Научни скуп “Енергетика и животна средина”, 02.-03.10.2012., Издавач: SANU, ISBN 978-86-7025-609-5, Beograd, Srbija, str. 217-257, 2012.

1.6 Магистарске и докторске тезе М70

1.6.1 *Одбрањена докторска дисертација М71*

- 1.6.1.1 **Никола Миливојевић**, Оптимизационе методе у симулацији и управљању хидроенергетским системима, Машински факултет, Крагујевац, 12.07.2008. број страна 554, кључне речи: управљање и експлоатација водним ресурсима, хидроинформациони системи, оптимизациони алгоритми, симулациони модели

хидроенергетских система, ментор др Ненад Грујовић, ред. проф.

1.6.2 Обрађен магистарски рад М72

1.6.2.1 Никола Миливојевић, Објектно оријентисана симулација у дистрибуираним системима, Машински факултет, Крагујевац, 17. 09. 2006. број страна 225, кључне речи: објектно оријентисана симулација, дистрибуирани системи, хидроинформатика, ментор др Ненад Грујовић, ред. проф.

ПРОЈЕКТИ И СТУДИЈЕ (УЧЕШЋЕ)

- 2.1.1.1 Којић М. и др., (1996-2000), Развој нових инжењерских метода у машинству и бродоградњи, Министарство за науку и технологију Србије.
- 2.1.1.2 Развој софтвера за моделирање струјања подземних вода и деформабилност тла, Институт „Јарослав Черни“ из Београда. (1999-2001)
- 2.1.1.3 I фаза хидро-информационог система Требишњица, Институт »Јарослав Черни« Београд и Машински факултет Крагујевац. (2001-2002)
- 2.1.1.4 Живковић М., Технолошки пројекат Министарства за науку, технологије и развој Републике Србије: Развоје метода и софтвера за анализу, симулацију и оптимизацију процеса великих деформација у машинској индустрији, ТР258, 2002-2004.
- 2.1.1.5 Живковић М., Технолошки пројекат Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије, Развој софтвера за анализу чврстоће и процену радног века конструкција, 2005-2007.
- 2.1.1.6 Грујовић Н., Технолошки пројекат Министарства за науку, технологије и развој Републике Србије: Развој софтвера за подршку изради прототипова помоћу 3D штампача у Интернет окружењу, ТР6224А, 2005-2007.
- 2.1.1.7 Дивац Д., Грујовић Н. (2004), Симулациони модел слива Дрине, софтвер, Пројекат ТР133 – Оптимално коришћење хидропотенцијала слива реке Дрине, Министарство науке и заштите животне средине Р. Србије и ЈП Електропривреда Србије.
- 2.1.1.8 Развој софтвера за прорачун преосталог радног века до лома основне опреме термо блокова ЕПС-а методама механике лома, Машински факултет у Крагујевцу, 2002-2003.
- 2.1.1.9 Пројекат аутоматског читавања, преноса и архивирања података осматрања, Брана Првонек, Јавно предузеће „Водовод“, Врање, 2003.
- 2.1.1.10 Национални програм уређења, заштите и коришћења вода у Србији, Географски информациона систем водопривреде Србије, НПВ-38А. (2004-2007)
- 2.1.1.11 Технолошки пројекат Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије по задатој теми „Ревитализација критичних компонената термоелектране на основу њиховог интегритета“, ТД7066. (2005-2007)
- 2.1.1.12 Математички модел за хидроенергетске прорачуне и управљање експлоатацијом система Ђердап 1 и система Ђердап 2, Машински факултет Крагујевац 2006.
- 2.1.1.13 Дивац Д., Технолошки пројекат Министарства за науку и технолошки развој: Развој и примена хидроинформационих система у циљу повећања енергетске ефикасности у управљању хидропотенцијалом у Републици Србији, ТР18034, 2008-2010.
- 2.1.1.14 Трајановић М., Технолошки пројекат Министарства за науку Републике Србије:

Примена рачунарски подржаних технологија у хирургији, ТР 12012, 2008-2010.

- 2.1.1.15 Тадић Д., Технолошки пројекат Министарства за науку и технолошки развој: Развој експертског система за избор оптималне терапијске процедуре за лечење хроничних масовних не заразних болести, ТР 23007, 2008. - 2010.
- 2.1.1.16 Дивац Д., ТР37013 Развој система за подршку оптималном одржавању високих брана у Србији, 2011.
- 2.1.1.17 Филиповић Н., Примена биомедицинског инжењеринга у предклиничкој и клиничкој пракси, 2011.

МЕЂУНАРОДНА САРАДЊА

3.1 Учешће у међународној сарадњи

- 3.1.1.1 DAAD Joint Course on Software Engineering, Humbolt University Berlin, Stability Pact for South-Eastern Europe, 2000-2003.
- 3.1.1.2 Славковић П., TEMPUS Curricula Development Project JEP-CD-18114-2003, Restructuring of Mechanical Engineering Studies, September 2003 – 2006.
- 3.1.1.3 Славковић П., TEMPUS Curricula Development Project JEP-CD-40104-2005, Engineering Busines Management and Services Master Module, September 2006 – 2009.
- 3.1.1.4 Славковић П., RRSCD INNCODE 043820, Reinforcement of Research Capacity in Software Development and Innovative Collaborative Design and Engineering in Serbia and Montenegro, September 2006 – 2008.
- 3.1.1.5 Enterprise Development and Innovation Fund (EDIF), Virtual Manufacturing Support for Enterprises in Serbia, EAR, 04-SER01/10/016, 2006.
- 3.1.1.6 Грујовић Н., TEMPUS Curricula Development Project JEP-CD-16156-2001, Computer Science Curricula Founding and Upgrading, September 2001–2004.
- 3.1.1.7 Грујовић Н., TEMPUS University Management Project JEP-УМ-17119-2002, Education Network Based on Information Technology, September 2002-2005.
- 3.1.1.8 Centers of Excellence Projects, Development of the Engineering Software and Improvement of Teaching Process on the Regular and Postgraduate Studies at the Faculty of Mechanical Engineering, donated by WUS Austria, May – September 2003.
- 3.1.1.9 Миливојевић Н., eLearning Programme for Serbia and Montenegro, Thoracic Surgery eLearning course, WUS Austria, 2005.
- 3.1.1.10 Грујовић Н., eLearning Programme for Serbia and Montenegro, Creation eLearning Content for Rapid Prototyping Course, WUS Austria, 2006.
- 3.1.1.11 Дивац Д., INTERREG IIIB CADSES Programme, FLOODMED Monitoring, forecasting and best practices for flood mitigation and prevention in the CADSES region, project #5D214, CARDS, 2006

АНАЛИЗА ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА

Рад 1.1.1.1: Радијално померање једне или више тачака бране представља важан индикатор временски променљивог понашања, а ради се о нелинеарној функцији хидростатичког притиска, температуре и других неочекиваних и непознатих узрока. Идентификација нелинеарног система постаје битан алат који се може користити за моделирање временски променљивог понашања инжењерских објеката. Идентификација и предвиђање комплексног нелинеарног структуралног понашања су комплексни задаци па се

често користе непараметарски модели. Циљ овограда је развој модела neuro-fuzzy идентификације за предвиђање радијалног померања лучне бране. Модели ANFIS (adaptive network-based fuzzy inference system) су развијени и тестирани применом експерименталних података прикупљених у једанаестогодишњем периоду. Поређење вредности које је предвидео модел ANFIS са експерименталним подацима указује на чињеницу да модели благог израчунавања дају прецизне резултате. Ови модели се могу користити за предвиђање померања у наредним анализама.

У раду 1.1.1.2 је извршена анализа механичког понашања стенске масе применом методе која комбинује експерименталне и нумеричке технике. Предложен је нови конститутивни модел за дисконтинуитете применом неасоцијативног услова течења. Дефинисане су конститутивне релације за анизотропну стенску масу увођењем интеракција између сетова дисконтинуитета и монолита у коме се јављају дисконтинуитети. Модел је базиран на претпоставци да је деформација у монолиту и одговарајућем сету дисконтинуитета спрегнута. За верификацију предложеног нумеричког модела коришћена су експериментална испитивања бетонског темеља бране Боговина на Црном Тимоку. Тестови укључују анализу дисконтинуитета и монолита на узорку у великој размери.

Већина постојећих метода за моделирање понашања брана захтева сталан скуп улазних параметара. У стварном свету, грешке настали при мерењу могу довести до ситуације у којој изабрани модел постаје неупотребљив. Рад 1.1.1.3 представља прилагођени систем за моделирање брана, који се заснива на вишеструкој линеарној регресији (MLR). За оптимизацију су искоришћени генетски алгоритми (GA). Током развојног процеса, систем у реалном времену врши подешавање регресора у MRL моделу према тренутно активним сензорима. Перформансе предложеног система су оцењене у студији случаја при моделирању бране Бочац (која се налази на реци Врбас у Републици Српској), где је MRL модел померања бране одређен у периодима када су одређени сензори били у квару. Резултати анализе су показали да, под реалним околностима, предложена методологија даје резултате боље него традиционални приступ коришћењу регресије.

Рад 1.1.2.1: Контрола сигурности брана је заснована на мерењу битних параметара, као што су проциривање, бистрина процурне воде, пијезометријски нивои, нивои воде, притисци, деформације или померања, температурне варијације, напонски услови, итд. Тумачење овако широког скупа података је од великог значаја за мониторинг стања самог објекта бране. Моделирање проциривања кроз геолошке формације лоциране у близини локације бране или самог тела бране представља тежак задатак код пројектовања брана. Циљ ове студије је да развије модел неуронске мреже (feedforward neural network- FNN) за потребе предвиђања пијезометријског нивоа воде у бранама. Измерени подаци су упоређени са резултатима модела FNN и моделима вишеструке линеарне регресије (multiple linear regression-MLR) који су имали широку употребу у анализама понашања бране. Модели FNN и MLR су развијени и тестирани применом експерименталних података прикупљених током деветогодишњег периода. Резултати студије показују да модели FNN могу да буду моћно и важно средство за оцењивање брана.

Динамички системи садрже нелинеарне везе које се тешко моделирају конвенционалним техникама. Нелинеарни модели су неопходни за анализу система, оптимизацију, симулацију и дијагностику нелинеарних система. Претходних година, технике вештачке интелигенције као што су неуронске мреже, fuzzy логика и комбиновани neuro-fuzzy системи постају ефикасни алати у идентификовању нелинеарних објеката. Проблем идентификације се састоји од избора идентификацијског модела и прилагођавања параметара тако да одзив модела апроксимира одзив реалног система за исти улаз. Рад 1.1.3.1 проучава идентификацију нелинеарних система помоћу дигиталне повратне неуронске мреже. Динамички алгоритам с распростирањем грешке уназад се примењује за адаптацију тежина и прагова осетљивости

DRNN. Математички модел се развија на бази експерименталних података. Резултати симулација показују да примена DRN у идентификацији комплексног нелинеарног структурног понашања даје задовољавајуће резултате.

У раду 1.1.4.1 је коришћен физички заснован хидролошки модел са дистрибуираним параметрима. Сливно подручје је дискретизовано мрежом хидролошких јединица где свакајединица има податке о морфолошким карактеристикама дела слива, биљном покривачу, педолошком саставу тла, хидрогеолошком слоју и друго. Утицај метеоролошких станица дефинисан је Thiessen-овим полигонима уз коришћење корекције по висини. Хидролошки модел је континуалан са временском дискретизацијом која износи један дан. Хидролошки модел је декомпонован на три резервоара. Хидролошки модел је успешно примењен на слив Бањске Реке која представља притоку Јужне Мораве.

Контрола безбедности бране је подржана активностима мониторинга и заснована је на моделима. Варијације хидростатичког притиска и температуре су главне променљиве које треба узети у обзир када се анализирају резултати посматрања бране. Детерминистичке моделе засноване на механичким принципима је често тешко конструисати. Статистичке процедуре, као што су вишеструка линеарна регресија (multiple linear regression (MLR)), се примењују код испитивања безбедности бране да би се одредио утицај екстерног оптерећења на деформацију објекта. Однос између ових оптерећења и понашања бране је нелинеаран. Неуронске мреже засноване на радијалној базној функцији (RBF) се могу успешно примењивати за апроксимацију функције, предвиђање и идентификацију динамичких система. Моделирање неуронских мрежа помоћу измерених података је делотворан алат за апроксимацију неизвесних нелинеарних система. Рад 1.2.1.1 представља нов приступ базиран на примени мрежа заснованих на RBF за оцену понашања бране. Развијени су математички модели на основу експерименталних података. Модели неуронских мрежа заснованих на MLR и RBF за предвиђање понашања бране се упоређују са измереним подацима применом коефицијента корелације.

3D штампа се генерално односи на низ технологија које креирају 3D физичке прототипове очвршћивањем слојева основног материјала применом техника везивања. 3D штампа је по дефиницији екстремно разнолик и брз процес прилагођавања геометрије променљиве комплексности у стотинама различитих апликација која подржава велики број типова материјала. Процеси базирани на праху, као што је ZCorp 3DP, обезбеђују велику разноликост и брзину. Али, постоји неколико уских грла која су повезана са људским фактором. По окончању процеса 3D штампе, неучвршћени прах окружује и подржава објекат у комори за израду. Корисници уклањају објекат из коморе за израду након одређеног времена за слегање материјала и враћају неодштампан неучвршћени прах назад у платформу за пуњење ради поновне употребе. Проблем је у томе што је цео простор за израду напуњен прахом тако да корисник не може да перципира тачну позицију објеката. Најчешће је делотворније да се неколико објеката позиционира унутар исте запремине за израду применом софтвера за штампу и да се изврши штампање у једном циклусу. Овиме се повећава ризик оштећења објеката приликом њиховог уклањања. Рад 1.2.1.2 представља систем за уклањање објеката помоћу проширене реалности који кориснику помаже да види одштампане објекте преко невезаног праха. Виртуелна слика одштампаних објеката се генерише применом података из 3D документа софтвера за штампу који садржи и геометрију објеката и њихову позицију унутар коморе за израду. На тај начин се значајно умањује ризик оштећења објеката приликом њиховог уклањања.

Динамички системи садрже нелинеарне односе које је тешко моделирати применом конвенционалних техника. Нелинерани модели су потребни за анализу система, оптимизацију исимулацију нелинеарних система. Последњих година су технике рачунске интелигенције, као што су неуронске мреже, фази логика и комбиновани алгоритми неуго-

fuzzy система постали veoma делотворно средство за идентификацију нелинеарних система. Проблем идентификације се састоји од одабира идентификационог модела и прилагођавања параметара тако да одговор модела апроксимира одговор реалног система за исти улаз. Рад 1.2.1.3 испитује идентификационе нелинеарне системе помоћу дигиталних рекурентних неуронских мрежа (Digital Recurrent Neural Network (DRNN)). Развијени су математички модели засновани на експерименталним подацима. Резултати симулација показују да примена DRN за идентификацију комплекснох нелинеарног структуралног понашања даје задовољавајуће резултате.

Контрола безбедности бране бране је подржана активностима мониторинга и заснована је на моделима. Детерминистичке и статистичке методе су коришћене у развоју модела предвиђања понашања бране. За прогнозу понашања је коришћен и хибридни метод. Детерминистичко моделирање захтева решавање диференцијалних једначина код којих је долажење до решења затвореног облика veoma тешко или чак немогуће. Предности статистичке методе, као што је вишеструка линеарна регресија, лежи у једноставности формулације и брзини реализације. Радијално померање тачака саме бране представља битан индикатор понашања и оно је у нелинеарној функцији са хидростатичким притиском, температуром и други неочекиваним и непознатим узроцима. Код инжењеринга бране, модели неуронских мрежа са вишеслојним перцептроном, модели засновани на мрежама елементарних таласаи неуронски fuzzy модели су развијени за потребе предвиђања понашања бране. Главна сврха студије представљена у раду 1.2.1.4 је да се конструише једносмерна неуронска мрежа (feedforward neural network (FNN)) високог квалитета и адаптивни неуронски fuzzy системи инференције (adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS)) за потребе предвиђања радијалног померања лучних брана и да би се демонстрирала њихова примена за идентификацију комплексних нелинеарних односа између улазних и излазних варијабли. Модели FNN и ANFIS су развијени и тестирани применом експерименталних података прикупљених у једанаестогодишњем периоду. Примењене су двослојна мрежа са log-sigmoid трансфер функцијом у скривеном слоју и линеарна трансфер функција на излазном слоју. Оптимални број скривених неурона је шеснаест. Fuzzy дељење улазних варијабли ANFIS -а је остварено селекцијом два примарна fuzzy низа. Усвојена је Gauss -ова функција чланства. Модели ANFIS у разматраном примеру имају тридесет и два правила. Модел FNN има нешто више вредности коефицијента корелације за развојни низ, али нешто ниже вредности коефицијента корелације за тест низ. Поређење вредности моделираних применом модела FNN и ANFIS са експерименталним подацима показује да модели благог израчунавања дају прецизне резултате. Ови модели се могу користити за предвиђање померања

Однос између температуре и оптерећења воде и понашања бране је нелинеаран. Методе анализе засноване на статистичким моделима, као што су модели вишеструке линеарне регресије (MLR), се дуго користе за анализу структуралног понашања бране. Вештаке неуронске мреже (artificial neural networks (ANN)) се данас успешно користе за апроксимацију функције, прогнозу и идентификацију нелинеарних система. Рад 1.2.1.5 описује развој, тестирање и примену модела ANN и MLR за предвиђање радијалног померања лучних брана. Модели су развијени и тестирани применом експерименталних података прикупљених у једанаестогодишњем периоду. Модели MLR и ANN за предвиђање понашања бране су упоређивани са подацима са мерења на бази коефицијента корелације, средње апсолутне грешке и средње квадратне грешке. Добијени резултати су потврдили да се модел ANN може користити као моћна техника за предвиђање радијалног померања лучне бране.

Рад 1.2.1.6 показује коришћење информационих технологија за вршење хидролошких анализа. Аутори дискутују о обради дигиталних модела терена (DEM) који су засновани на GIS алгоритмима, а који се примењују за аутоматско креирање улазних података неопходних за хидролошку анализу. Приказана је употреба графова за аутоматско одређивање

хидрографске мреже на основу DEM. Рад објашњава GIS алгоритме који користе DEM податке на примеру слива реке Дрине. Циљ овог рада да укаже на практичну вредност коришћења ових модела у будућим хидролошким анализама.

Рад 1.2.1.7 показује коришћење информационих технологија у хидролошким анализама. Применом ИТ алата израђен је дистрибуирани хидролошки модел слива реке Бањске. Демонстрирана је примена алата заснованих на коришћењу теорије графова при анализи и обради дигиталног модела терена. Посебно је размотрено вршење геореференцираних SQL упитакоји се користе за претраживање геореференцираних података у табелама. Циљ овог рада је да покаже практичне вредности коришћења ИТ алата у развијубудућих хидролошких модела.

Програми за надзор за ефективну безбедност брана су од суштинске важности за бране и широко су прихваћени. Инструментација као део програма за безбедност брана је постављена за мерење посебних значаних параметара. Ови параметри морају да обухвате водостај, цурење протока, деформације или померања, притиске, услове пуњења, температурне промене, цурења, пиезометарски ниво, итд. Циљ благовременог откривања абнормалног понашања бране не мора нужно да буде често праћење или прикупљање велике количине података. Важно је да ова информација буде репрезентативна и на одговарајући начин протумачена. Тумачење расположивих података веома важно за правилан надзор брана. Тумачење података може бити тешко, када недостају подаци или када су непотпуни. У раду 1.2.1.8, коришћен је метод вишеструког уноса за процену замењених вредности при недостајању података. Резултати симулације показују да је модел вишеструке линеарне регресије (MRL) за предвиђања нивоа воде у пиезометрима даје боље резултате при проценама недостајућих вредности.

Моделирање цурења кроз геолошке формације које се налазе у непосредној близини или на самој брани су изазован задатак при пројектовању брана. у циљу праћења цурења, пиезометријски уређаји су постављени на одређеним деловима брана. Циљ овог рада 1.2.1.9 је да се развије *neuro-fuzzy* модел за предвиђање нивоа воде у пиезометрима на брани Ђердап 2. За сваки пиезометар, развијен је *neuro-fuzzy* модел коришћењем експерименталних података који су прикупљени током периода од девет година. Мерења нивоа испод бране узета у истог дана, један и два дана пре, пре мерења пиезометром, су улазне променљиве, а ниво воде у посматраном пиезометру је излазни податак за *neuro-fuzzy* модел. Измерени подаци се пореде са резултатима *neuro-fuzzy* модела на основу коефицијената корелације (r), коефицијента детерминације (R^2), средње квадратне грешке (MSE) и значе апсолутну грешку (MAE). Упоредијући експерименталне податке са вредностима *neuro-fuzzy* система, указује на то да такви модели пружају веома прецизне резултате.

Хидро информациони системи у Србији су у сталном развоју из раних 80-тих. Значајан напредак је направљен у примени савремених метода и технологија, уз практичну примену у хидроелектранама и управљању воденим ресурсима. У циљу пружања подршке управљању комплексних хидроенергетских система и њихових дигиталних симулација неопходно је успоставити комуникацију између мерних система и рачунарских модела, иако они нису били првенствено дизајнирани на основу концепта узајамне интеграције и могуће употребљивости. Овај рад представља решење за аквизицију дистрибуираних хидрометеоролошких података и података за брану, симулацију и подршку дизајна, које се заснива на SOA принципима. Комплексна и хетерогена информација проток која се користи код ових система, је подељена на одвојене податке и рачунске функције које користе заједничке отворене протоколе за међусобну комуникацију. На основу ових техника, у раду 1.2.1.10 је представљен дизајн SOA хидро-информационог система и његова примена у случају управљања сливом реке Дрине.

Бране морају стално одржавати на одговарајући начин, због изузетно тешких последица

које могу настати у случају квара. Одржавање се односи на праћење стања бране и њених објеката, односно идентификацију и благовремено предузимање свих неопходних мера за обезбеђивање сигурности и функционалности објеката. Одржавање укључује различите факторе у вези са структурним садржајима: природним факторима, факторима животне средине и људске активности. С обзиром на такве сложене факторе, настаје питање оптималности и коришћења расположивих ресурса. Рад 1.2.1.11 представља информациони систем за подршку имплементацији регулаторних оквира за сигурност брана, који служи за побољшање система за одржавање, сигурност и функционалност постојећих брана и пружа заштиту локалним заједницама. Интегрисани приступ свим аспектима одржавања брана је од суштинског значаја за решавање овог питања. Развој система укључује разумевање мерљивих индикатора који су релевантни за процес одлучивања, модернизацију и проширење система за праћење релевантних вредности и развој физички заснованих математичких модела у циљу анализирања и предвиђања понашања бране. Систем је развијен и имплементиран на брану Првонек (90 m стена, снабдевање водом, најновије објекат ове врсте који се гради у Србији). Представљени су неки детаљи о имплементацији и почетним резултатима.

Рад 1.3.1.1: Савремени цивилизацијски прогрес и технолошки развој не могу се ни замислити без обезбеђења основних ресурса воде, хране и енергије. Због све већих потреба за енергијом, све више на значају добијају обновљиви ресурси, при чему веома важну улогу има хидроенергија. Воде у природи су истовремено и водни и енергетски ресурс, тако да је неопходна хармонизација њиховог коришћења. У данашње време управљање овим ресурсима се не може ни замислити без хидроинформационих система. Коришћење ових система омогућује оптимално усклађивање интереса водопривреде и електропривреде. Увођење тржишта у енергетски сектор додатно је унело елементе неизвесности у управљање и планирање, за чије превладавање је неопходно располагати, на краткорочном и дугорочном хоризонту, додатним информацијама, нарочито о ресурсима стохастичке природе. Најважнији циљеви развоја и примене оваквих система јесу: обједињавање свих релевантних хидролошких, метеоролошких, хидрогеолошких, хидроенергетских и других података и стварање услова за њихову доступност широком кругу заинтересованих корисника, како би се омогућило доношење најповољнијих оперативних управљачких одлука на хидроелектранама у различитим ситуацијама, као и доношење најповољнијих стратегијских одлука за избор оптималних решења интегралног уређења слива и коришћења хидропотенцијала.

Србија, заједно са суседним земљама, има значајан хидроенергетски потенцијал, нарочито на Дунаву и Дрини, где су изграђени значајни енергетски објекти: на Дунаву, хидроелектране „Ђердап 1“ и „Ђердап 2“, и на Дрини 9 хидроелектрана. Међутим, знатан део хидроенергетског потенцијала још није искоришћен, пре свега на Дрини, где је могуће изградити значајне нове хидроенергетске капацитете (заједно са суседним државама), који би омогућавали додатну годишњу производњу електричне енергије већу од 7000 GWh.

У овом раду приказана је синтеза веома широке проблематике савременог развоја хидроинформационих система, који се одвија у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“, а за потребе управљања хидропотенцијалом у Србији. Хидроинформациони системи су конципирани за подршку одлучивању, тако да могу да обезбеде значајна сазнања о процесима на сливу, у досадашњем периоду експлоатације, варијантним сценаријима развоја у будућности, као и експлоатацији у реалном времену. У раду се такође описују улога и значај хидроелектрана у енергетском систему Србије, укључујући и кратак приказ могућих даљих праваца развоја капацитета за производњу електричне енергије.

У оквиру доприноса на плану информатике, посебно треба истаћи развој сервисно оријентисане и отворене софтверске архитектуре за аквизицију, обраду и архивирање

дистрибуираних хидрометеоролошких и хидроенергетских података. Овај софтвер подразумева комуникацију између система мониторинга и рачунских модела. Решење је пронађено на принципу отворене архитектуре, са протоколима за комуникацију, засновано на техникама веб сервиса. Ова технологија смањује комплексност софтвера и омогућује даљи развој компоненти и функционалности, према специфичностима у сваком конкретном случају. Тиме се могу проширити примене хидроинформационих система у подршци управљању водним ресурсима. Приказана архитектура даје основе за развој релевантних алгоритама и модела, који би омогућили формирање виртуелне хидрометеоролошке и хидроенергетске опсерваторије, као битне компоненте савременог система за интегрално управљање водним ресурсима. На овај начин се постиже и висок степен интероперабилности података са другим постојећим информационим системима и симулационим платформама.

Посебно је значајно искуство на развоју следећих хидроинформационих система: Хидро-Информациони Систем Ђердап, Хидро-Информациони Систем Дрина и Хидро-Информациони Систем Власина. Ови хидроинформациони системи представљају подршку одлучивању на свим нивоима (локалном, регионалном, државном и прекограничном). Њиховом имплементацијом се ствара могућност за оптимално управљање у реалном времену и усклађивање различитих субјеката (електроенергетске компаније у различитим државама, са различитим интересима, у условима веома изражене неравномерности природних дотицаја и потреба конзума). Поменути хидроинформациони системи имају дугорочну улогу, стварајући услове за даљи развој на сливу (нови развојни пројекти, додатни производни капацитети и сл.) у циљу оптималног искоришћења хидропотенцијала, као и вишенаменског коришћења вода.

Рад 1.3.2.1: Веома важан корак у интегралном управљању водама на одређеном сливу јесте увођење хидроинформационог система за подршку управљању сливом, као информатичке, техничке и експертске подршке одлучивању. Хидроинформациони систем за подршку управљању водама слива реке Дрине јесте начин да се динамичније и ефикасније успостави дијалог свих релевантних субјеката на сливу, и то у свим фазама одлучивања, од стратегијског планирања инвестиција до оперативног управљања у експлоатацији, као и на свим нивоима ангажовања, од мерења и прикупљања информација до сложених доказних поступака у правним процедурама. Срж система за подршку одлучивању је комплексан симулациони модел читавог слива, који покрива велики број процеса и дозвољава једноставно проширење у смислу покривања свих појава које су релевантне за управљање сливом. Дефинисање оваквог модела отежано је чињеницом да је потребно вршити интегралну симулацију хетерогених модела.

Код класичног приступа моделирању и симулацији у решавању практичних инжењерских проблема, један од основних недостатака је изоловани приступ њиховом решавању. Са друге стране неоспорна је чињеница да моделирање и симулација све чешће морају попримити мултидисциплинарни карактер, јер су предмети њихове имплементације углавном све сложенији системи у којима се одвијају са разнородни процеси и њиховим међусобним интеракцијама.

Приказано симулационо окружење превазилази границе постављене типовима модела, симулационим алгоритмима, оперативним системима и самом локацијом рачунарских ресурса. Приказаним спецификацијама система и њима одговарајућим симулационим алгоритмима могуће је вршити моделирање и симулацију широке лепезе реалних система.

У раду 1.3.2.3 је приказан нови модел SWAT који је базиран на Soil and Water Assessment Tool моделу, који је развијен на USDA Agricultural Research Service (ARS). Показано је да се модел SWAT развија већ скоро 30 година и да је доживео бројне модификације и адаптације и објашњени су разлози потребе за адаптацијом модела који би се примењивао у ширем региону Србије. Адаптирани (нови модел) је детаљно теоријски разрађен и извршена је

његова софтверска имплементација. У овом поглављу дат је и осврт на нови модел SWAT у библиотеци ХИС апликација (класе модела и проширење корисничког интерфејса) и пример коришћења модела на сливу реке Дрине.

Кроз дати пример је показано да модел добро реагује у сушњијим и кишњијим периодима и да се може успешно користити за годишње и вишегодишње симулације трансформације падавина у отицај. Кроз пример је указано да квалитет резултата симулације у кишњијим периодима директно зависи од улазних података (падавине, температуре и др.). Због тога је у региону Србије потребно стварати информационо окружење са што прецизнијим улазним подацима на потребном броју мерних станица на анализираном сливу.

Развијени модел SWAT је употребљив за примену у хидроинформационим системима у Републици Србији као и на сливовима и хидроинформационим системима у другим блиским регионима (БиХ, Црна Гора и др.). Овакав модел се већ сада примењује у оквиру ХИС „Дрина“ (Институт Јарослав Черни 2005) и ХИС „Власина“ (Институт Јарослав Черни 2007). Поред даље примене модела потребно је наставити рад на његовом развоју и унапређењу. Развој модела SWAT треба да се креће ка коришћењу података часовне дискретизације и његовој примени у специфичним хидролошким ситуацијама (као што су наилазак поплавних таласа и унапређење компоненте базног отицаја).

У последње време се аутоматска калибрација хидролошких модела трансформације падавина у отицај све чешће заснива на употреби генетичких алгоритама. Овакав тренд није изненађујући, с обзиром да је број параметара оваквих модела огроман и да је простор претраживања огроман. Међутим, секвенцијални GA су у оваквим случајевима често временски захтевни, па калибрација може трајати више дана, седмица па чак и месецима. Да би време калибрације постало прихватљиво, неопходно је велике секвенцијалне проблеме поделити у потпроблеме и паралелизовати њихово решавање. У раду 1.3.2.4 је представљена платформа за калибрацију SWAT базираног модела заснована на паралелним GA која се реализује у LAN мрежи PC рачунара, која може бити променљива и по структури и по броју рачунара који учествују у калибрацији. Поред тога, приказана је и процедура за припрему података за калибрацију, као и поступак избора периода калибрације и валидације.

Даље истраживање ће бити усмерено на увођење додатних механизма за побољшање перформанси паралелних GA, попут адаптивних параметара мутације, селекције и укрштања. На овај начин ће се тежити бољој конвергенцији решења, чиме се процес калибрације додатно убрзава.

Рад 1.3.2.5: Обзиром на све већу доступност мерења улажу се значајни напори да се разни хидрометеоролошки и други осмотрени подаци примене у хидрологији. Асимилацијом разнородних података могу се побољшати прогнозиране вредности отицаја са слива (уз коришћење *in situ* осмотрених вредности). Међутим, још сложенија је примена осмотрених података у прогнозирању дотицаја за потребе оперативног управљања хидроенергетским постројењима. При решавању ових проблема долази до изражаја неопходна прецизност прогнозирања дотока, јер су хидроенергетски системи углавном релативно сложени, а рад објеката који их чине спрегнут, и често доминантно условљен дотицајем са слива.

Као веома подесне за примену у оперативним хидролошким моделима показале су се математичке методе које омогућавају употребу осмотрених података и одступања прорачунских од измерених вредности у естимацији ажурног модела и прогнозе будућих стања физичких система. У овом поглављу су размотрена два случаја која се могу срести у пракси, а која се односе на ажурирање прорачунског стања модела. Први случај је онај када се располаже само ограниченим бројем мерења са аутоматских метеоролошких станица. Други случај третира системе у којима је могуће обезбедити падавине на сливу у облику резултата нумеричких метеоролошких модела. Оба решења се ослањају на корекцију датих

падавина, при чему се у првом случају најпре врши математичка интерполација мерења у тачки.

Обзиром да се обе методе формирања улазних података о падавинама у циљу добијања ажурног прорачунског стања модела састоје у одређивању оптималних вредности параметара (параметара интерполационе методе и корекционих фактора код прве, односно параметара корекционе равни код друге методе), њихово решавање представља решавање оптимизационих проблема. У овом поглављу је као поступак решавања предложена примена генетичких алгоритама, уз дефинисање циљне функције која математички дефинише квалитет решења.

Оно што је неопходно приметити је да асимилација података сама по себи не мора довести до побољшања оперативне употребе хидролошких модела. Да би асимилација била могућа, неопходно је располагати тачним и квалитетно калибрисаним моделом, као и показатељима квалитета података који се прикупљају у реалном времену. Поред тога, неопходно је пронаћи равнотежу између комплексности модела, резолуције података и захтеване тачности у односу на расположиво време за решавање ових сложених оптимизационих проблема.

У даљем раду потребно је размотрити што ефикасније начине уклапања ових метода у постојеће хидроинформационе системе уз стварање јаке везе са сервисима валидације податка, другим симулационим моделима, прогностичким системима и сл. Такође, обзиром на развој осматрачких система и самих хидроинформационих система, неопходно је предвидети прошириву платформу која може вршити асимилацију и других типова мерења.

Рад 1.3.2.6: Приказана сервисно-оријентисана архитектура ХИС-а сама по себи представља платформу за даљи развој компоненти и функционалности, према специфичним потребама у конкретном случају. Ово не значи да је функционисање платформе условљено конкретном применом, већ да се услед отворености приказаног решења знатно једноставније него раније могу уклопити специфичне компоненте у систем. Тиме се могу проширити примене ХИС-а у подршци управљању водним ресурсима.

ХИС треба да обезбеди потребне компоненте, протоколе и објекте који би хијерархијским повезивањем података и ентитета у водопривредним системима омогућили интегралну анализу система и пружили подршку управљању. Применом интердисциплинарних процедура, алгоритама и техника над осматреним подацима могуће је проширити користи од ХИС-а и ван домена експлоатације водопривредних и хидроенергетских објеката, ка еколошким, економским и социјалним применама.

Као један од главних циљева имплементације и коришћења ХИС-а јавља се и могућност формирања виртуелне хидрометеоролошке и хидроенергетске опсерваторије (Fox 2008, McDonnell и др. 2007). Под овим појмом се подразумева свеобухватно сагледавање информација које описују природно окружење сливног подручја, хидрометеоролошка и хидроенергетска мерења, симулационе моделе процеса и појава, као и концептуалне оквире за формирање нових хидролошких сазнања. Виртуелна хидрометеоролошка и хидроенергетска опсерваторија добија се имплементацијом сервисно-оријентисаног ХИС-а у границама који су дефинисани сливним подручјем.

Приказана архитектура пружа добре основе за развој релевантних алгоритама и модела који би омогућили формирање виртуелне хидрометеоролошке и хидроенергетске опсерваторије, која је веома важан чинилац савременог система за интегрално управљање водним ресурсима. То је свакако и један од важнијих циљева коме се тежи у даљем раду на развоју ХИС-а.

У раду 1.3.2.7: се могу издвојити важнији аспекти предложеног приступа. Планирање у

электропривреди је један од најважнијих аспеката у управљању водним ресурсима. Ово је последица не само природе проблема у овој области, који су јасно структурирани али истовремено захтевни и повезани са минимизацијом трошкова, већ и због подршке одлучивању и доступности података.

С обзиром на трендове пословања на тржишту електричне енергије, које има све израженија конкуренција, модели и методологије планирања морају бити прилагођени да би се суочили ширем спектру циљева, који нису само стратешки, већ и финансијски и социјални. Отуда неодређеност и ризик постају доминантни, делом услед ефекта конкуренције, а делом због тржишта и правног система. Повећава се вероватноћа грешке у менаџменту, као резултат пораста конкуренције.

Као последица наведених околности, модели постају мање одређени, анализе могућих сценарија чешће и, што је најважније, у њихову израду се укључују менаџери, управни органи и аналитичари. Да би се крути традиционални начини планирања и управљања хидроенергетским објектима трансформисали у динамичке процесе неопходно је применити напредне информационе технологије. Од посебног је значаја што се данас могу развијати модели у којима се у потпуности омогућава интеракција менаџерског управљања и техничког приступа управљању системом, јер се на овај начин повећава учешће менаџмента у процесу проналажења оптималних решења.

Пошто није могуће дефинисати универзално решење за проблеме оптималног управљања хидроенергетским објектима које би било применљиво у свим случајевима, свака предложена методологија се мора односити на одређену класу проблема. Предложена методологија односи се на специфичну класу проблема система великих хидроелектрана и оптимално управљање њима на основу захтева добијених у оквиру рада интегралног енергетског система.

На основу приказаних резултата може се закључити да примена рачунарски подржане оптимизације у оперативном планирању експлоатације доприноси ефикаснијем управљањусложеним хидроенергетским системима у смислу увећања добити (пласирањем производње уповољнијим периодима) и побољшања искоришћења хидропотенцијала (правилнијим ангажовањемагрегата). С обзиром да се актуелно оперативно планирање заснива на примени важећих правилаи процедура уз значајно учешће субјективне процене диспечера, јасно је да примена оваквеметодологије знатно олакшава и побољшава доношење одлука у управљању приказанимсистемом. Остварена имплементација приказаних основних метода на садашњимхардверским платформама даје предлоге планова на нивоу који је близак оперативном.Међутим, да би се обезбедила потпуна оперативна употреба (правовремена израда планапроизводње, у сваком тренутку) перформансе генетичких алгоритама су побољшанеупотребом фази-логичког контролера параметара алгорита.

Предложени адаптивни генетички алгоритми управљани фази-логичким контролеромупотребљени су за побољшање перформанси генетичког алгорита, у намери елиминисањадивергенције нумеричког решења, као и у циљу избегавања њене преурађене конвергенције. Даље истраживање ће се усмерити ка дефинисању ефикасних процедура самоподешавањаконтролера у зависности од проблема који се решава, односно специфичности процеса, као и паралелизацији алгорита. Поред тога дефинисаће се начини увођења експертског знања у генерисање почетне популације, оцењивање, допунску модификацију гена, као и адаптацијугенетичких оператора.

За моделирање једнодимензионалног нестабилног тока у отвореном каналу се користи неколико постојећих софтверских решења и примењују се стандардни гранични и иницијални услови. Интерни гранични услови су две трајекторије тока повезане специјалним условима при чему су свакој додељене две једначине које описују ток. Специјални услови

обухватају матричну формулацију ограничења која се примењују на ток унутар две повезане трајекторије. Гранање, цевне спојнице и преливање преко уставе су неки од задатака који се решавају моделирањем. Рад 1.4.1.1 представља алгоритме који су коришћени за решавање комплексних објеката хидроелектрана као интерни гранични случајеви. Комплексност проблема садржана је у чињеници да се хидроелектраном управља према потражњи електричне енергије чија производња зависи и од узводних и од низводних нивоа воде, као и од протока. Пошто су све вредности стања спрегнуте и одређене као системска решења, алгоритам наводи на итеративну процедуру решавања система нелиенарних једначина. Софтвер решава стандардне, комплетне и динамичке једначине тока у једнодимензионалном нестабилном току у отвореном каналу кроз контролне објекте. Софтвер је усвојен као основа симулације система „Ђердап“, са детаљним моделирањем три објекта хидроелектрана „Ђердап 1“, „Ђердап 2“ и „Гогош“.

У раду 1.4.1.2 се даје прегледна синтеза веома широке проблематике савременог развоја хидро-информационих система, који се одвија у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“, а за потребе управљања хидропотенцијалом у Републици Србији. Хидро-информациони системи су конципирани за подршку одлучивању, тако да могу да обезбеде значајна сазнања о процесима на сливу, у досадашњем периоду експлоатације, варијантним сценаријима развоја у будућности, као и експлоатацији у реалном времену. Најважнији циљеви развоја и примене оваквих система су: обједињавање свих хидролошких, метеоролошких, хидрогеолошких, хидроенергетских и других података и стварање услова за њихову доступност широком кругу заинтересованих корисника, доношење најповољнијих оперативних управљачких одлука на хидроелектранама у различитим ситуацијама, као и доношење најповољнијих стратегијских одлука за избор оптималних решења интегралног уређења слива. Рад је конципиран тако да су оригинални доприноси из предметне проблематике изложени у контексту ширих оквира. Прво су презентирана општа разматрања у вези планирања и управљања водним ресурсима, као и генерална улога хидроелектрана у интегралном електроенергетском систему. Затим се читалац уводи у примену информационих технологија у експлоатацији водних ресурса, са посебним акцентом на улогу софтвера за симулацију и оптимизацију у управљању хидроенергетским системима. Након овог прегледног дела, у којем су веома широко, али прецизно, описани основни појмови и принципи, у раду се описују улога и значај хидроелектрана у енергетском систему Србије, укључујући и кратак приказ могућих даљих праваца развоја капацитета за производњу електричне енергије. Централни део рада се односи на приказ концепције и структуре хидро-информационих система (који се састоје од следећих подсистема: централни сервер, аквизициони сервери и кориснички подсистеми, у чијем саставу су кориснички сервер и специјализоване ХИС апликације). Посебно су истакнута и детаљно описана три најважнија хидро-информациона система који се развијају у свему у складу са презентираном концепцијом и структуром, а то су: Хидро-Информациони Систем Ђердап (односи се на систем хидроелектрана изграђен на заједничком српско-румунском сектору Дунава: српска и румунска хидроелектрана "Ђердап 1" укупног инсталисаног протицаја $9800 \text{ m}^3/\text{s}$ и укупне инсталисане снаге 2165 MW , и српска и румунска хидроелектрана "Ђердап 2", укупног инсталисаног протицаја $8500 \text{ m}^3/\text{s}$ и укупне инсталисане снаге 540 MW), Хидро-Информациони Систем Дрина (који се односи на цео слив реке Дрине површине 19570 km^2 , који је подељен на више држава, Србија $30,5 \%$, Црна Гора $31,5\%$, Босна и Херцеговина 37% , и на коме је изграђено 9 хидроелектрана које имају укупну инсталисану снагу од 1932 MW и просечну годишњу производњу од 6350 GWh , и на коме је могуће изградити значајне нове хидроенергетске капацитете, који би омогућавали додатну годишњу производњу електричне енергије већу од 7000 GWh) и Хидро-Информациони Систем Власина (који се односи на систем Власинских ХЕ, релативно мале снаге: $125,9 \text{ MW}$ и средње годишње производње: 295 GWh , али који представља веома значајан производни погон у систему ЕПС-а, јер се користи

за производњу вршне енергије и као хладна или ротирајућа резерва система). Приказани хидро-информациони системи јесу заправо системи за подршку одлучивању и то на свим нивоима (локални, регионални, државни и прекогранични). Стварају могућност за оптимално управљање у реалном времену и усклађивање различитих субјеката (електроенергетске компаније, генерално у различитим државама, са различитим интересима, у условима веома изражене неравномерности природних дотицаја и потреба конзума). Дугорочно, стварају се услови за даљи развој на сливу (нови развојни пројекти, додатни производни капацитети и сл.) у циљу оптималног искоришћења хидропотенцијала, као и вишенаменског коришћења вода.

Основа за оперативно управљање речним токовима (у погледу коришћења водних ресурса, коришћења хидропотенцијала, контроле поплава итд.) је прецизна и поуздана прогноза отицаја. Системи за подршку оперативном управљању заснивају се на хидролошком/хидродинамичком симулационом моделу који користи податке о ажурним стањима слива и прогнозним вредностима улазних величина модела (на пример, падавина) за предвиђање нивоа воде и протицаја у водотоковима и акумулацијама. Најбоља процена улазних величина модела (температуре, количине и расподеле падавина итд.) изведена на основу мерења у тлу и мерења на удаљеним станицама је кључна за успешност употребе симулационог модела. У раду 1.4.1.3 се дискутује примена поступка "асимилације података" за ажурирање величина стања симулационог модела коришћењем података о главним улазним величинама модела. Сам термин односи се на скуп математичких поступака развијених за употребу измерених података и разлика између симулираних и измерених вредности у процени ажурног стања модела и предвиђању будућих стања физичких система. Ови поступци омогућавају бољу параметризацију, структурну анализу и анализу осетљивости модела, као и развој ефикаснијих мрежа за осматрање и побољшавање прогноза и квантитативних мерила њихове поузданости. Овај рад излаже један приступ оперативној употреби хидролошког модела падавине/отицај заснованог на SWAT платформи, који користи алгоритам за оцену расподеле падавина на основу података прикупљених са више аутоматских метеоролошких станица. Имплементација изложеног алгоритма у хидроинформационом систему „Дрина“ потврђује осетљивост симулационог модела на улазне податке и омогућава побољшање прогнозе отицаја, чиме се поменути модел ставља у оперативну употребу.

Рад 1.4.1.4 представља принципе модела симулације развијеног са DEVS формализмом за управљање и планирање великих хидро система. Овај модел симулације, пошто је базиран на DEVS-у, је по својој природи оријентисан на објекат и отворен за комуникацију са другим моделима, а и погодан је за паралелно извршење у мултипроцесорском и дистрибуираном окружењу. Пројектован је као део хидро-информационог система чији је стратешки циљ да створи окружење за оптимално управљање водним ресурсима и да реши постојеће и потенцијалне сукобе интереса у региону који се односе на вишенаменско коришћење воде, као и неусаглашености интереса различитих заинтересованих субјеката у предметном речном басену. Функционални циљ модела симулације је да подржи доношење одлука у управљању водом (т.ј. да корисницима помогне да процене последице различитих управљачких сценарија и да планирање подржи различитим хидролошким, климатским, економским, регулаторним и политичким ограничењима). Комбинована употреба модела падавине/протицај и симулације базиране на DEVS за елементе система представља нови приступ у управљању водом и хидроенергијом. Језгро модела и симулације представљају чврсту основу за примену оптимизационих алгоритама у циљу обезбеђивања аутоматизованог система подршке одлучивању. Представљена је и студија случаја симулационог модела на реци Дрини, под називом "Дрина" Хидро-информациони систем.

Језгро система за подршку одлучивању за оперативно планирање и управљање хидроелектранама је модел хидродинамичких симулација који користи информације о

измереним и пројектованим вредностима модела и предвиђа ниво воде која је у потоцима и резервоарима. Имајући у виду комплексност стварног света система, ова питања не могу решити аналитички, што захтева примену нумеричких метода. Рад 1.4.1.5 говори о употреби нумеричких поступака у решавању стандардних једначина за једнодимензионални нестационарни проток у отвореним каналима и структурама. Произведена енергија се процењује на основу ажурирања модела стања. У раду је представљена методологија за ажурирање модела држава користећи се измереним вредности физичких стања у циљу побољшања оперативне употребе модела. Према представљеној методологији, ажурирани модул је пројектован за симулациони модела хидроелектране "Ђердап". Што се тиче важности тачне процена електричне енергије при оперативној употреби модела, посебна пажња је посвећена дизајну модула и методологије у циљу смањења одступања процењених вредности стања од измерених вредности. Ефикасност предложене методологије је приказана на примеру оперативне употребе од неколико дана. Пример јасно показује недостатке симулационог модела без поступка ажурирања стања и предности коришћења ажурираног стања модула при оперативном управљању комплексног система хидроелектрана.

Рад 1.4.1.6 приказује структуру SWAT-модела који се користи у поделирању процеса падавине/протицај. SWAT-модел је хидро-динамичан и физички заснован модел за примену у сложеним и великим базенима. Уноси за модел су следећи: падавина, температуре ваздуха, карактеристика земљишта, топографија, вегетација, хидрогеологија и други релевантни физички параметри. Овај модел је заснован на пет линеарних резервоара на следећи начин: резервоар за вегетативни покривач, акумулација снега и топлетење, површина резервоара, подземни резервоар и површински резервоара отицаја. Овај модел користи GIS алате за пред и пост процесирање. Основна јединица моделирања је хидролошка јединица одговора (HRU), дефинисана као мрежа елементарних хидролошких површина са изабраном дискретизацијом, која зависи од жељене тачности, као и тачности података. Укупни отицај на излазном профилу слива, рачуна се као скуп збира отицаја (површинских и основних отицаја). Модел се може применити на дневном нивоу и по сату дискретизације и користи се за вишегодиње симулације. Илустрација рада SWAT-модела биће представљен на изабраном делу слива реке Дрине (са укупном површином од око 20.000 km²).

Калибрација параметара модела је процес који се користи за подешавање вредности параметара којима модел производи најнижу девијацију у односу на релевантне посматране вредности. Процедура калибрације обухвата идентификацију прихватљивог опсега параметара, осетљивости анализе која се односи на промене параметара (тј. методу идентификације и интензитет утицаја промена параметара на одређеним резултатима модела) и, коначно, истовремене варијације параметара укључујући и њихов међусобни утицај. Завршни корак калибрације аутоматски се врши помоћу рачунара. Квалитет калибрације је дефинисан на основу објективних функција које се користе да би процес калибрације конвергирао ка оптималном решењу, односно до минималног одступања од посматраног хидрографа. Графичко поређење, израчунатих и реалних елемената хидролошког система је такође корисно током процеса калибрације. У раду 1.4.1.7 коришћене су анализе осетљивости и поузданости улазних података SWAT модела да би се изабрале групе најважнијих параметара који се калибришу, као и параметри у оквиру групе са њиховим могућим опсегом вредности. Такође је описана и процедура и алгоритам параметара калибрације модела преко паралелног генетског алгоритма (PGA). Калибрација параметара SWAT-модела извршена је за многе под-сливове реке Дрине. Резултати калибрације параметара SWAT-модела су представљени на релевантном под-сливу.

Посебност слива хидроелектране "Власина" је велики број гравитацијских канала који се користе за прикупљање воде из суседних природних сливова. Укупна величина слива се тако повећава, у односу на природни слив. На бифуркацијама, где се гравитациони канали са благој падини укрштају у стрму природну хидрографску мрежу, природна површина и

површинске водотоци су значајно измењени. Канал који пресеца ток реке држаће воду на већим надморским висинама, пунећи складишта или преносећи воду у други слив. У таквим условима, концепт трансформације падавине/отицај у SWAT-моделу мора бити модификован тако да канал не ухвати сву воду из природног тока, али да омогући да одређена количина воде оде низводно, као и према површинском и подземном току. Уведени су нови објекти везани за SWAT: HPN (хидро-профил за природни ток воде), HPC (хидро-профил на каналу), HPI (хидро-профил на каналу, унос) и HPS (складиштење хидро-профил). За сваки објекат изведен је водени баланс и једначина трансформације, прилагођавајући SWAT- модел да симулира проток у мрежи рачвања природних водотока и канала. Нови модел је калибрисан на систему слива хидроелектрана "Власина". Рад 1.4.1.8 представља адаптацију SWAT-модела и резултате његове примене на северном делу система (сливни канала "Стрвна" и "Чемерник").

За хидроелектране у каскади, поред захтева који се постављају пред хидроелектране које раде самостално, важе и допунски услови и ограничења. Због тога је за њих потребно развити посебне модове управљања са становишта искоришћења хидропотенцијала водотокова на којима се налазе. У раду 1.4.1.9 су описана четири мода управљања којима се моделирају режими рада оваквих хидроелектрана. Примена модова илустрована је на примеру система Власинске ХЕ, који представља каскаду од 4 хидроелектране. Употреба симулационог модела који обухвата модове приказане у раду у процесу оптимизације параметара постројења при пројектовању приказана је на примеру пројектоване каскаде ХЕ „Бук Бијела“ и ХЕ „Фоча“ на реци Дрини.

Због комплексних односа који постоје на тржишту хидроенергије, а имајући у виду специфичну улогу хидроенергије у заједничкој производњи електричне енергије и системима преноса, није могуће идентификовати јединствен приступ управљању хидроелектраном. Променљива природа тржишта такође представља проблем за обједињавање методологија, па све ово намеће тумачење управљања хидроелектраном као динамички низ правила која су прилагодљива комплексности система и потребама тржишта. На основу симулационих модела течења воде и производње хидроенергије, уз оптимизационе технике које користе генетске алгоритме под фуззу-логиц контролом, предлаже се приступ за одређивање правила за планирање рада хидроелектрана. Рад 1.4.1.10 представља приступ процени хидроенергетског потенцијала и оперативном управљању који је примењен на симулацији (уз помоћ компјутерске симулације) рада хидроелектрана "Ђердап 1" и "Ђердап 2", на Дунаву којима заједнички управљају Србија и Румунија. Сврха система управљања потпомогнутог компјутерском оптимизацијом је да обезбеди ефикасно коришћење хидроенергетских потенцијала Дунава, да идентификује потребе за електричном енергијом Србије и Румуније и њихових преносних система (који се разликују у смислу снаге и времена) и да изврши прилагођавање рада одређеним ограничењима која су дефинисана у билатерални споразумима. У овом раду је показано да је могуће, што није био случај код старог неспрегнутог модела, да се изврши симулација рада интегрисаног система каскадних електрана са истовременом симулацијом и хидрауличних и електричних процеса. Од система се очекује да обезбеди подршку управљању на дневном нивоу и представља средство помоћу којег се могу проценити исходи оперативног планирања са различитим хидролошким, економским, правним и другим оквирима, као и да се остваре услови за оптимално управљање водним ресурсима и решавање постојећих и потенцијалних конфликта у региону у смислу могућих сукоба интереса.

У раду 1.5.1.1 је представљена општа структура информационог система намењеног за аквизицију и употребу дистрибуираних хидролошких, метеоролошких и хидроенергетских података заснована на принципима сервисно оријентисане архитектуре (SOA). Приказани развој помоћу веб сервиса заснива се на принципима који омогућују развој великог број независних сервиса који се могу користити у складу са расположивим

софтверско/хардверским ресурсима клијената. Не само што се коришћењем веб сервиса олакшава развој хидроинформационих система и стварају услови за вишеструко коришћење развијених система, већ се у великој мери смањују трошкови одржавања и даљег развоја система.

Хидроенергетика данас представља зрелу технологију, проверену и доказану, карактерисану високим степеном корисног дејства, флексибилним радом, малим трошковима експлоатације и одржавања и одсуством емисије гасова са ефектом стаклене баште. Данас, на светском нивоу, хидроенергија покрива око 16% укупне потрошње електричне енергије. Хидроелектране у сваком електроенергетском систему играју важну улогу у домену регулације и прилагођавања сложеним, у времену тешко предвидљивим, променама потреба потрошача за енергијом. У Србији и окружењу постоји значајан и атрактиван неискоришћен хидроенергетски потенцијал. Последњих година се интензивирају активности на актуелизацији постојећих и изради нових пројеката хидроелектрана. Размотрени су пројекти који се издвајају по значају и атрактивности, од којих су неки веома изгледни у погледу реализације, а неки у исто време отварају одређена стручна или политичка питања. У закључним разматрањима рада 1.5.1.2 дате су смернице и препоруке за непосредне кораке који се могу предузети у правцу изградње значајних нових хидроенергетских објеката у региону.

У докторској дисертацији 1.6.1.1 је дат осврт на основе експлоатације водних ресурса и изнети су основни појмови везани за планирање и управљање водним ресурсима. Размотрени су различити типови планирања са акцентом на одрживе приступе као што је интегрисано управљање водним ресурсима и изнета је систематизација различитих приступа управљању: технички аспект планирања, економски аспект планирања и институционални аспект планирања и управљања водним ресурсима. Приказана је и примена информационих технологија у експлоатацији водних ресурса, теоретске основе хидроинформатике која се као дисциплина бави проблемима имплементације информационих технологија у експлоатацији водних ресурса. Комплексни проблеми планирања и управљања водним ресурсима морају ослонити на интензивно коришћење информационих и комуникационих технологија. Изнете су основе хидроинформатике, нове дисциплине која је проистекла из интеракције инжењерских дисциплина и информационих технологија. Пошто хидроинформациони системи данас представљају најинтензивније поље примене информационо комуникационих технологија у области газдовања водним ресурсима, приказани су и основи менаџмента информацијама, као и елементи географских информационих система, што представља неопходну основу за анализу и развој хидроинформационих система. Приказане су и теоријске поставке оптимизационих алгоритама са акцентом на оне методе које су директно применљиве у инжењерској пракси. Пошто већина задатака у управљању водним ресурсима, па тиме и у управљању хидроенергетским системима, представља вишекритеријумске оптимизационе проблеме у условима неодређености, указује се на неопходност сагледавања основних оптимизационих метода и могућности њихове практичне примене. Размотрене су методе оптимизације функције са једном променљивом, оптимизација вишепараметарских функција без ограничења и са ограничењем, линеарно програмирање, једнодимензионалне методе у нелинеарном програмирању, проблеми нелинеарног програмирања без ограничења и са ограничењима, динамичко програмирање, целобројно програмирање, стохастичко програмирање и општи проблеми вишекритеријумске оптимизације. Обзиром на сложеност разматраних оптимизационих проблема, разматрани су и савремени еволуциони и њима сродни алгоритми. У дисертацији су систематизовани појмови о енергетском потенцијалу водених токова и дефинисани основни појмови о хидроенергетским системима. Ради разумевања циљева управљања хидроенергетским системима изнета су разматрања о њиховој улози у интегралном систему производње електричне енергије у условима дерегулисаног тржишта електричне енергије. Приказан је преглед досадашњих резултата у

примени оптимизационих метода за оперативно планирање хидроенергетским системима. На основу изнетих резултата указано је на значај симулационих модела хидроенергетских система у оперативном планирању њиховог рада. Извршена је декомпозицију хидроенергетског система и размотрени су принципи моделирања и симулације подсистема и интегралног хидроенергетског система. Даље је предложена методологија развоја софтвера за оптимално управљање хидроенергетским системом. Размотривши сложене услове на тржишту електричне енергије, а имајући у виду и специфичну улогу хидроенергетских система и њихову спрегу са другим производним капацитетима, закључено је да не постоји јединствен принцип управљања хидроенергетским објектима који би био примењиви у свим могућим случајевима, и указује на неопходност промене у приступу управљања хидроенергетским објектима. Промена се састоји у приступу анализе управљања као динамичном систему правила и метода које се могу појединачно мењати и прилагођавати потребама тржишта. Због тога је предложена методологија развоја сложеног софтверског окружења за оптимално управљање хидроенергетског система "Ђердап 1" и "Ђердап 2". Оптимално планирање се мора извести у условима задовољења захтева енергетских система Србије и Румуније, који се разликују у погледу снаге и времена, и уз задовољење низа ограничења на контролним профилима на Дунаву која су дефинисана међудржавним документима. Овакав систем се може узети као репрезентативни систем са сложеном структуром управљања и одговорном улогом у енергетском систему, што даје на значају предложене методологије. Указано је и на чињеницу да презентована методологија развоја софтверског пакета за потребе спровођења хидроенергетских прорачуна и управљања експлоатацијом система испуњава захтеве за употребом у ефикасном доношењу оперативних управљачких одлука али и изради студијских анализа на бази хидрауличких и енергетских прорачуна. Закључује се да развијена методологија укључује све значајне аспекте у оптималном планирању рада разматраног хидроенергетског система. Извршена је верификација предложене методологије развоја софтвера за оптимално управљање хидроенергетским системом тиме што је детаљно презентован поступак развоја симулационог модела за хидроенергетске прорачуне и управљање експлоатацијом система "Ђердап 1" и система "Ђердап 2" на основу претходно изнете методологије. Изнета је концепција сложеног софтверског пакета који се састоји од базе података, корисничког интерфејса, симулационог модела и оптимизационог модула. Описане су све фазе развоја софтвера од формирања модела, преко инкорпорирања података са мерних система, калибрације модела, развоја интерфејса, имплементације симулационог модела и коначно имплементације оптимизационог модула. Презентовани су добијени резултати у погледу нумеричких прорачуна, као и самог развоја софтверског решења са информатичког аспекта. Прецизно су истакнути битни резултати и научни доприноси овог рада. Резултати оведисертације могу се ефикасно даље користити у науци и пракси, што је и проверено током тестирања софтверског решења у оквиру свакодневног рада диспечерских служби ХЕ „Ђердап“. Сумирани залључци проистекли су из вишегодишњег истраживања у датој области.

Тема магистарске тезе 1.6.2.1 је Објектно-оријентисана симулација у дистрибуираним системима. Основни циљеви су систематизација постојећих знања везаних за методе моделирања и симулације, као и имплементација одређених алгоритама у симулацији конкретних комплексних реалних система. Поред тога, у раду је извршена и демонстрација ефикасности објектно-оријентисаног приступа у моделирању и развоју софтверских решења. Извршена је и систематизација савремених технологија које се користе за развој софтвера намењеног за дистрибуиране системе и у оквиру Веб окружења, као и развој симулационог софтвера коришћеног за подршку одлучивању у управљању воденим ресурсима речног слива. Ослањајући се на теоретске основе, као практичан пример развијен је симулациони софтвер за употребу у подршци одлучивању у управљању хидропотенцијалом речног слива.

Респектујући наведену просторну и наменску сложеност система, извршена је декомпозиција хидросистема на велики број различитих елемената који описују природне и вештачки формиране токове, а затим извршена комплексна симулација у циљу оптималног управљања водним ресурсима слива.

ОЦЕНА КОМИСИЈЕ О НАУЧНОМ ДОПРИНОСУ КАНДИДАТА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ

На основу анализе целокупног научноистраживачког рада др Николе Миливојевића, Комисија сматра да кандидат испуњава услове према Закону о научноистраживачкој делатности и Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача за избору звање **научни сарадник**.

Др Никола Миливојевић је својим досадашњим радом показао да поседује компетентност, креативност и стручност за научно-истраживачки рад. Комисија истиче да је у току свог научно-истраживачког рада посебан допринос дао у:

- развоју и имплементацији алгоритама материјалних модела за тло;
- развоју алгоритама за интеграцију диференцијалних једначина кретања;
- развоју алгоритама за анализу механичког понашања порозног двофазног медија;
- анализама стабилности насутих и бетонских брана;
- анализама стабилности тунела;
- анализама стабилности косина.

ВРЕДНОСТ ИНДИКАТОРА НАУЧНЕ КОМПЕТЕНТНОСТИ (Према Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, Сл. гласник РС 38/2008)

ПРИКАЗ УКУПНОГ БРОЈА БОДОВА У СВАКОЈ ГРУПИ

Врста резултата	Број радова	Вредност	Укупно бодова
M21	3	8	24
M22	1	5	5
M23	1	3	3
M24	1	3	3
M33	11	1	11
M42	1	5	5
M44	7	2	14
M53	10	1	10
M63	2	0.5	1
Укупно остварених бодова			76

МИНИМАЛНИ КВАНТИТАТИВНИ ЗАХТЕВИ ЗА СТИЦАЊЕ ПОЈЕДИНАЧНИХ НАУЧНИХ ЗВАЊА - За техничко-технолошке и биотехничке науке

Диференцијални услов - од првог избора у претходно звање до избора у звање	Потребно је да кандидат има најмање XX поена, који треба да припадају следећим категоријама:		
		Неопходно XX =	Остварено
Научни сарадник	Укупно	16	76
	$M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42+M51 \geq$	9	51
	$M21+M22+M23+M24 \geq$	4	35

ЗАКЉУЧАК

Научноистраживачка делатност др Николе Миливојевића, обухватала је следеће области: моделирање и симулацију у областима хидроинформатике и стабилности хидротехничких објеката, пројектовање и развој информатичких решења у областима управљања техничким подацима, развој информатичких решења за подршку управљању експлоатацијом хидропотехнијала, развој информатичких решења за подршку управљању безбедношћу барана и др.

У оквиру свог научноистраживачког рада, др Никола Миливојевић је учествовао у реализацији више домаћих и међународних пројеката као сарадник. Објавио је већи број научних стручних радова у водећим међународним и домаћим часописима са рецензијом, као и на бројним научним скуповима у земљи и иностранству, чиме је потврдио своју високу научно-стручну компетентност.

На основу детаљне анализе досадашњег рада и резултата које је постигао у претходном периоду до данас, чланови Комисије за избор сматрају да др Никола Миливојевић испуњава све услове по критеријумима за стицање научних звања и предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу да изабере именованог у звање **научног сарадника**.

У Крагујевцу

15.12.2015.

КОМИСИЈА:

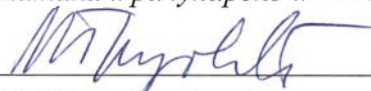


Др Мирослав Живковић, ред. проф.

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу

Научне области: Примењена механика, примењена информатика и рачунарско инжењерство




Др Ненад Грујовић, ред. проф.

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу

Научне области: Примењена механика, примењена информатика и рачунарско инжењерство



Др Дејан Дивац, научни саветник

Институт за водопривреду "Јарослав Черни"

ванр. проф. Грађевински Факултет у Београду
Научне области: Грађевинарство (Бране, Тунели, Механика стена)